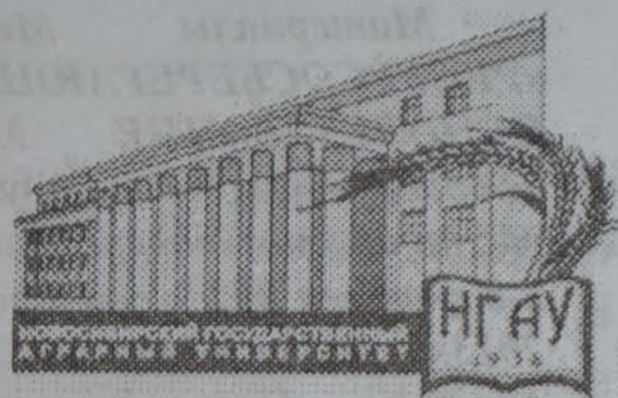


Посвящается 120-летию НОВОСИБИРСКА

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**



РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Международный сборник
научных трудов**

НОВОСИБИРСК 2013

Материалы Международного сборника научных трудов
«РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭФФЕКТИВНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
сформированы по результатам проведения Международной научно-
технической конференции, посвященной 120-летию Новосибирска, проведенной
5-8 февраля 2013 года в рамках работы Международной выставки «СТРОЙСИБ-
2013» в Новосибирском ЭКПОЦЕНТРЕ. Организаторами данной конференции
явились: Новосибирский государственный аграрный университет, Томский
государственный архитектурно-строительный университет, Российская
академия естественных наук и научно-технический и производственный
журнал «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ». При подготовке конференции и
формировании сборника научных трудов приняли участие более ста
двадцати научных и производственных работников России, Украины,
Кыргыстана, Казахстана, Узбекистана, Монголии, Германии и других стран.

Основные вопросы и приведенные результаты исследований направлены
на решение всей тематики конференции - эффективное внедрение
ресурсосберегающих технологий в современном строительстве и в
строительно-технологическом комплексе. С этих позиций все работы
представляют определенный интерес для руководителей и специалистов в
области строительства, а также научных работников, аспирантов и
студентов.

Ответственные редакторы

академик РАН,

д. т. н., профессор Пичугин А.П.

д. т. н., профессор Кудяков А.И.

Технический редактор

Онищенко Н.В.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

д. т. н., профессор Белоусов Е.Д. (Москва)

д. т. н., профессор Хозин В.Г. (Казань)

*В.Н. Бабаев, М.С. Золотов, Э.А. Шишкин,
В.А. Скляр, А.О. Гарбуз
(Харьков, Украина)*

ВЛИЯНИЕ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КЛЕЕВОЙ АНКЕРОВКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ КЛАССА А500С ТОЛЩИНЫ КЛЕЕВОГО СЛОЯ

При модернизации, ремонте и реконструкции существующих зданий и сооружений различных отраслей промышленности широко применяются полимерные клеи для соединения бетонных элементов, причем как старого бетона со старым, так и старого с новым, для заделки трещин в бетоне, а также для крепления строительных конструкций, в том числе железобетонных путем заделки арматурных выпусков и анкерных болтов в бетон для различных целей. Полимерные клеи позволяют значительно повысить прочность соединений, улучшить их динамические характеристики, защитить бетон от коррозии, проводить бетонные работы в любое время года. Склеивание бетонных и железобетонных элементов находит применение во всех областях строительства: жилом, промышленном, гидротехническом, транспортном, специальном и др.

Высокая склеивающая способность полимеров позволяет решать много инженерных задач по-новому повышая технологичность и энерго-сбережение строительного производства. Для создания равномерного и водонепроницаемого стыка между отдельными железобетонными элементами применяют полимерные клеевые композиции, которые позволяют соединять не только бетоны, но и заделывать арматуру в бетон. Клеи хорошо заполняют зазоры, дают возможность регулировать вязкость в широком диапазоне, быстро отвердевают и имеют высокую прочность.

Наибольшее распространение в строительстве для указанных выше целей получили клеи на основе эпоксидных смол. В работах [1, 2] рассмотрены вопросы устройства и прочности клеевых соединений, обобщен опыт применения таких методов соединения, показана их перспективность по сравнению с традиционными способами замоноличивания стыков.

В настоящее время наиболее широкое применение в Украине получили наряду с эпоксидными акриловые клеи, поскольку они своими свойствами отвечают всем требованиям к клеям при устройстве надежных и долговечных соединений бетонных и железобетонных элементов [3, 4]. Они дешевле, технологичнее, просты и надежны в приготовлении [4].

Наиболее распространенной конструкцией с применением указанного материала является анкерное соединение в виде клеевой анкеровки в бетон арматурных стержней.

В связи с использованием в Украине в строительном производстве нового сортамента арматурной стали согласно ДСТУ 3760:2006 авторами были проведены сравнительные аналитические исследования геометрических характеристик арматурных стержней классов А500С и А-III.

Несмотря на преимущества по физико-механическим свойствам арматуры класса А500С по сравнению с арматурой класса А-III она обладает более низкими параметрами сцепления. Так, высота выступов арматуры серповидного профиля в 1,04...1,48 раза меньше, а шаг выступов в 1,6...3,33 раза больше. Как следствие, величина относительной площади смятия, характеризующая сцепление арматуры с бетоном, для стержней серповидного профиля в 2,4...3,7 раза меньше, чем соответствующие значения для стержней винтового профиля.

В связи с широким применением указанного класса арматуры в строительстве были проведены экспериментальные исследования по определению прочности заделки арматурных стержней класса А500С в бетон акриловыми клеями различных составов [4, 5] при воздействии на соединение кратковременной и длительно действующих нагрузок. Исследовалась прочность и деформативность клеевой анкеровки в зависимости от глубины заделки арматурного стержня в железобетонные образцы, которые изготавливались из бетона класса В20.

Результат этих исследований показал, что глубина заделки арматуры указанного класса в бетоне, в зависимости от состава акрилового клея, составляет $l_{анк} = 17,5$ и $22,5d_s$ [5, 6].

Авторами были проведены теоретические исследования напряженно-деформированного состояния клеевой анкеровки серповидной арматуры в бетоне акриловыми клеями с использованием осесимметричной задачи теории упругости [7-9]. В результате исследований были определены напряжения и деформации как в арматуре, клее и бетоне, так и на контактах клей-анкер и клей-бетон. В связи с указанным были проведены расчетные эксперименты по определению влияния различных факторов на напряженно-деформированное состояние исследуемого анкерного соединения [8, 9]. Одним из факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние клеевой анкеровки арматурного стержня класса А500С, является толщина клеевого слоя или диаметры скважины. В связи с указанным авторами проведен расчетный эксперимент по определению влияния указанных факторов на напряженно-деформированное состояние клеевой анкеровки арматурного стержня класса А500С. Расчеты выполнялись в случае применения бетона класса В15 (модуль упругости $E_b = 2,9 \cdot 10^4$ МПа), акриловый клей с пределом прочности 98,2 МПа

(модуль упругости $E_k = 14 \cdot 10^3$ МПа), серповидная арматура класса А500С ($E_s = 1,2 \cdot 10^5$ МПа). К арматурному стержню прикладывалось единичное расчетное усиление σ_{z_0} . Геометрические характеристики анкерного соединения приведены в таблице. При этом глубина заделки арматурного стержня составляла $l_{анк} = 17,5d_s = 35,0$ см, диаметр стержня $d_s = 2,0$ см, толщина клеевого слоя в соответствии с нормативными требованиями изменялась от 0,5 до 5 см. Приведенные в таблице значения l_0 и l_1 используются в выражениях, по которым определялись напряжения и деформации в клеевом соединении [10].

Геометрические характеристики анкерного соединения

№ п/п	Диаметр арматурно- го стержня d_s , см	Толщина клеевого слоя δ , см	Диаметр скважины $d_{ска}$, см	Величина отношений	
				$l_0 = \frac{l_{анк}}{r_s}$	$l_1 = \frac{l_{анк}}{r_{ска}}$
1	2,0	0,5	3,0	35	
2	2,0	1,0	4,0	35	
3	2,0	1,5	5,0	35	
4	2,0	2,0	6,0	35	
5	2,0	2,5	7,0	35	
6	2,0	3,5	9,0	35	
7	2,0	4,0	10,0	35	
8	2,0	5,0	12,0	35	

Распределение нормальных осевых напряжений по длине заделанной в бетон части анкера в зависимости от толщины клеевого слоя, полученное в результате расчета, представлено на рис.1, на котором кривые 1 – для толщины клеевого слоя $\delta = 0,5$ см; 2 – для $\delta = 1,0$ см; 3 – для $\delta = 1,5$ см; 4 – для $\delta = 2,0$ см; 5 – для $\delta = 2,5$ см; 6 – для $\delta = 3,5$ см; 7 – для $\delta = 4,0$ см; 8 – для $\delta = 5,0$ см.

Анализ эпюр распределения нормальных осевых напряжений в арматурном стержне по длине его заделки говорит о следующем. Качественно характер напряжений не меняется в зависимости от толщины клеевого слоя. Однако величина этих напряжений по мере увеличения толщины клеевого слоя уменьшается в среднем на 12%.

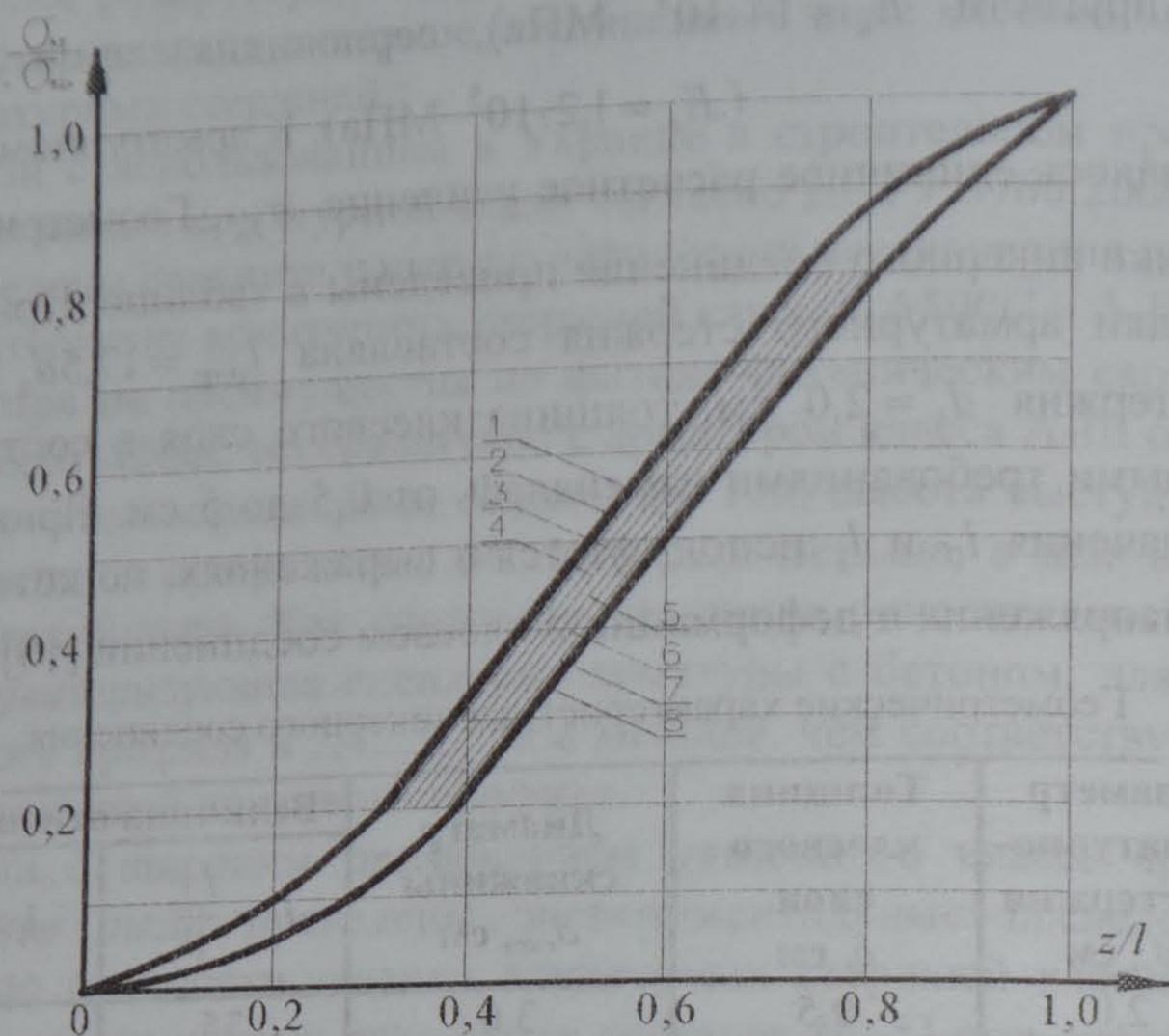
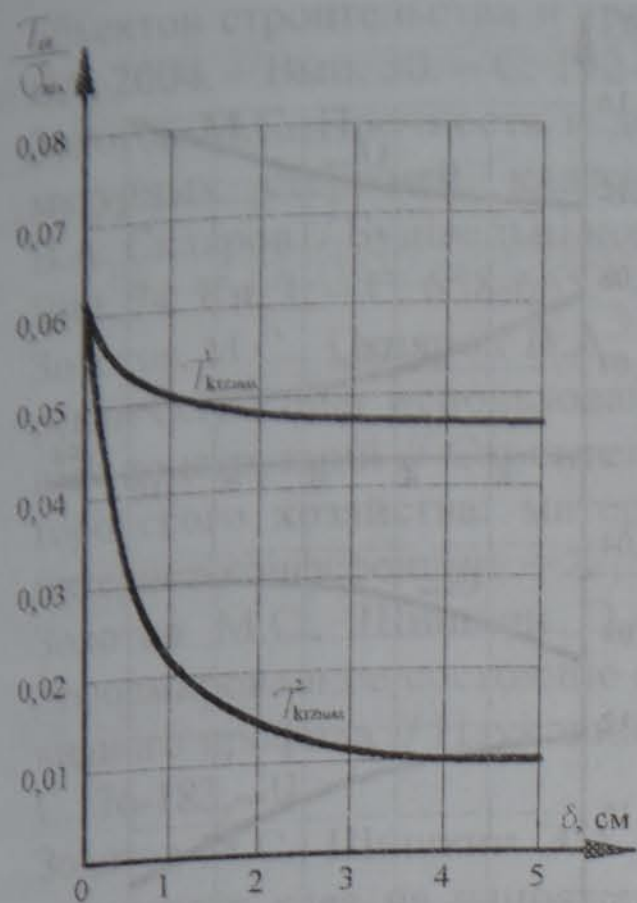


Рис. 1. Распределение нормальных осевых напряжений по длине заделанной в бетон части анкера в зависимости от толщины клеевого слоя: где 1 — $\delta = 0,5$ см; 2 — 1 см; 3 — 1,5 см; 4 — 2,0 см; 5 — 2,5 см; 6 — 3,5 см; 7 — 4 см; 8 — 5 см

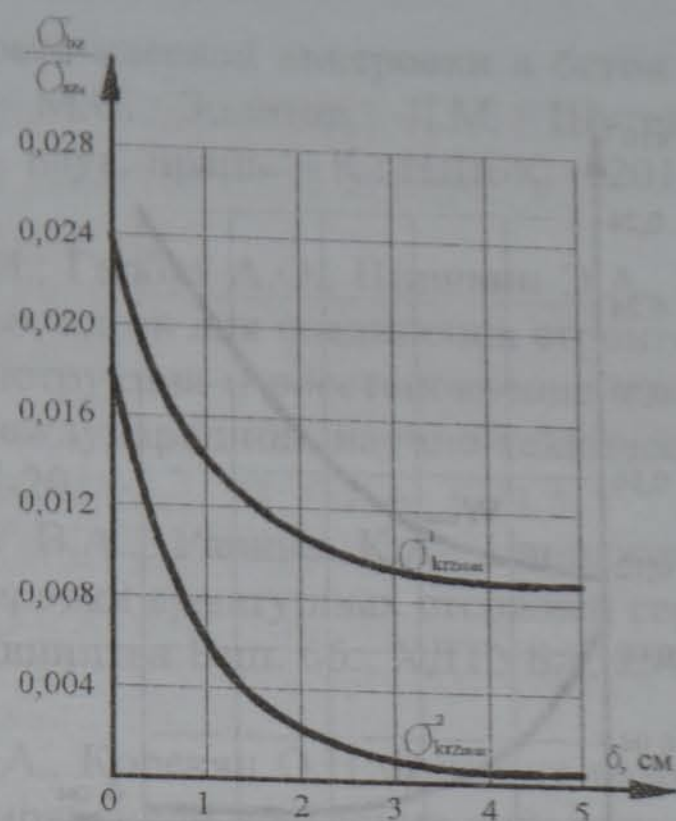
На рис. 2 представлены графики зависимости от толщины клеевого слоя максимумов касательных τ_{rz} , нормальных осевых σ_{bz} , радиальных σ_r и окружных, а также значения минимумов σ_r и σ_θ напряжений в клее соответственно на контактах клей-анкер и клей-бетон.

Анализ результатов показывает, что с уменьшением толщины слоя наблюдается изменение напряженного состояния анкерного соединения. Касательные напряжения (рис. 2а) резко возрастают как на контакте клей-анкер, так и на контакте клей-бетон. Нормальные осевые напряжения (рис. 2,б) на контакте клей-анкер возрастают более резко, чем на контакте клей-бетон. Радиальные напряжения на контакте клей-анкер также возрастают (рис. 2,в), но не менее резко и превышают радиальные напряжения на контакте клей-бетон приблизительно на одну и ту же величину. Характер изменения окружных напряжений (рис. 2,г) носит аналогичный характер.

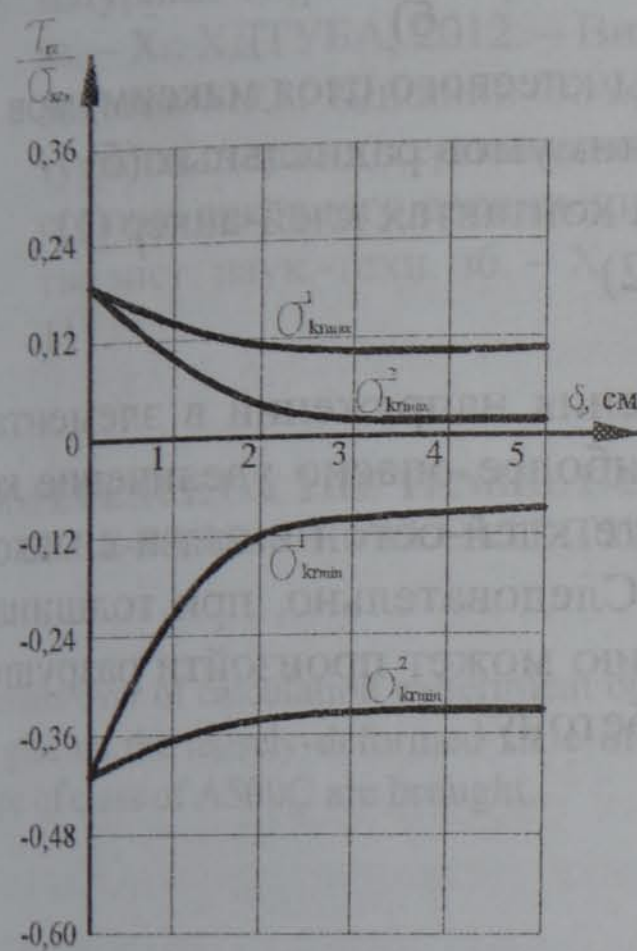
Изменение максимумов осевых и радиальных перемещений в клее и бетоне в зависимости от толщины клеевого слоя представлены на рис. 3.



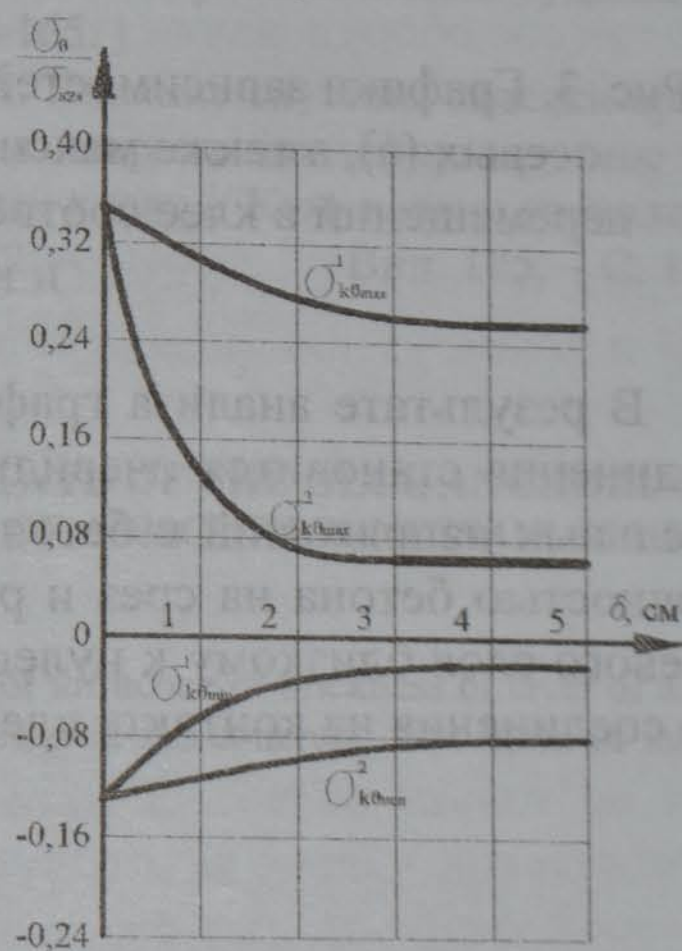
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Графики зависимостей от толщины клеевого слоя максимумов касательных (а), нормальных осевых (б), радиальных (в) и окружных (г), а также их минимумов (в, г) в клее соответственно на контактах клей-анкер (1) и клей-бетон (2)

С уменьшением толщины клеевого слоя осевые перемещения (рис. 3, а) на контакте клей-анкер уменьшаются, а на контакте клей-бетон возрастают, по своей величине стремясь к значениям на контакте клей-анкер.

То же самое можно сказать и о радиальных перемещениях на контакте клей-анкер и клей-бетон (рис. 3б).

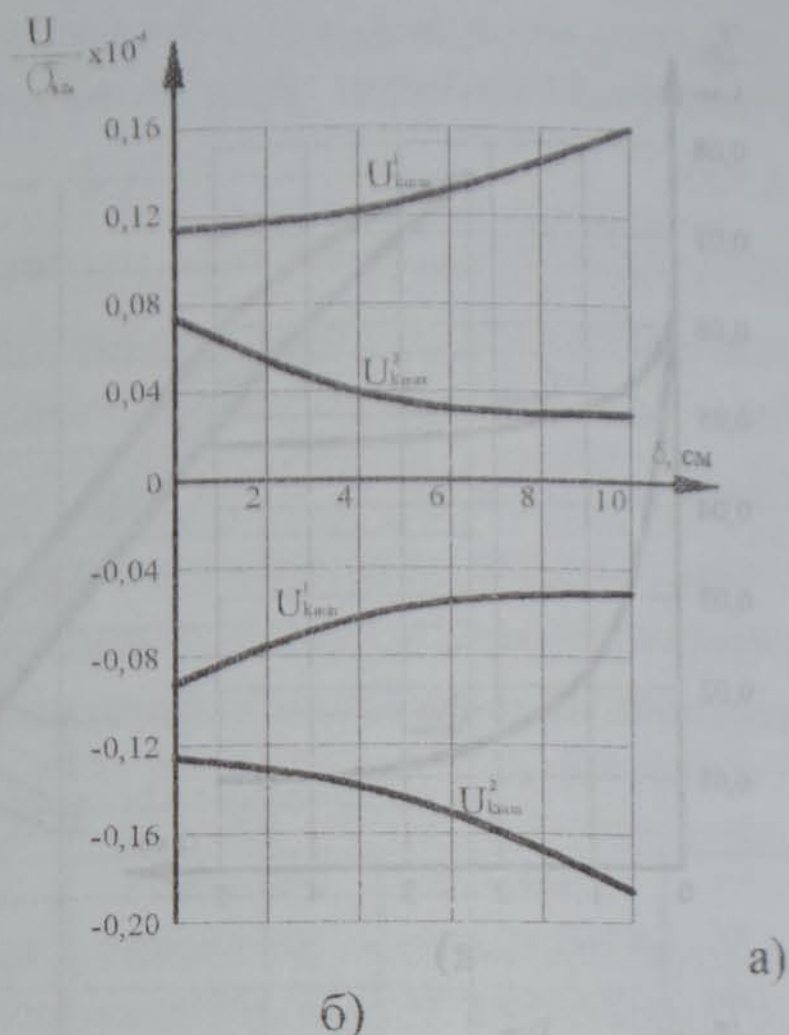
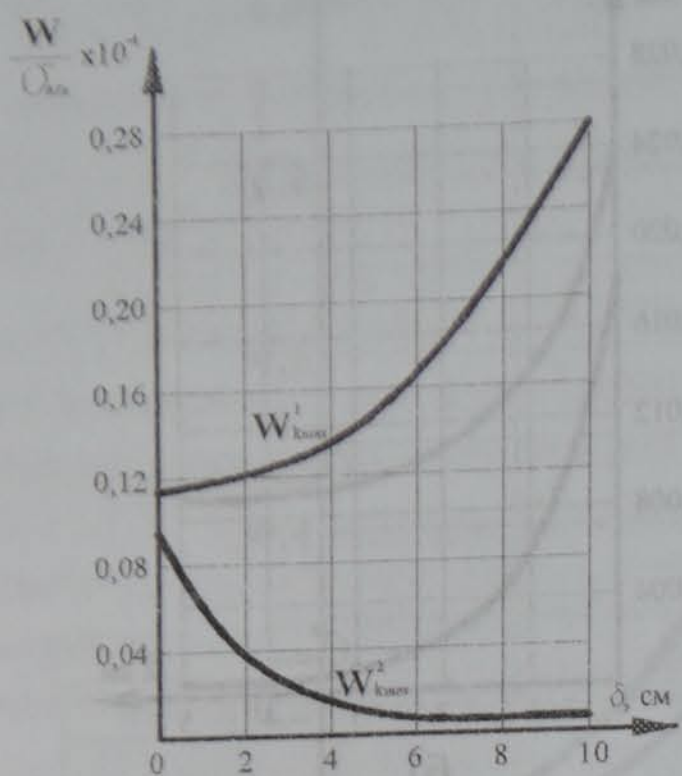


Рис. 3. Графики зависимостей от толщины клеевого слоя максимумов осевых (а), а также максимумов и минимумов радиальных (б) перемещений в клее соответственно на контактах клей-анкер (1) и клей-бетон (2)

В результате анализа графиков изменения напряжений в элементах соединения становится очевидным, что наиболее опасно увеличение касательных напряжений в бетоне на контакте клей-бетон в связи с малой прочностью бетона на срез и растяжение. Следовательно, при толщинах клеевого слоя близкому к нулевому значению может произойти разрушение соединения на контакте клей-бетон по бетону.

Литература

1. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений. – М.: Химия, 1981. – 270 с.
2. Treasaway K.W., Davis H.T. Performance of fusion – bonded epoxe-coateg steel reinforcemen // Structural engineer. – 1999. – Vol. 67, – № 2. – P. 31-59.
3. Золотов С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДБК, 2003. – Вип.59. – С. 440 – 447.
4. Золотов С.М. Инновационные материалы на основе акриловых полимеров для восстановления и ремонта конструкций объектов строительства и транспорта // Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления

- объектов строительства и транспорта: сб. науч. тр. – Днепропетровск: ПГА-СА, 2004. – Вып. 30. – С. 192-196.
5. Золотов М.С. Прочность и деформативность клеевой анкеровки в бетон арматурных стержней класса А500С / М.С. Золотов, Л.М. Шутенко, В.А. Скляр // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК. – 2011. – Вип. 74. Кн. 1. – С. 658-665.
 6. Золотов М.С., Скляр В.А., Золотов С.М., Гарбуз А.О., Шишкин Э.А., Коремян О.Н. Опыт использования акриловых клеев для соединения строительных конструкций // Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства: материалы III Международной научно-технической интернет-конференции. – Х., 2012. – С. 15-20.
 7. Золотов М.С., Шишкин Э.А., Скляр В.А., Рапина К.А. Напряженно-деформированное состояние клеевой анкеровки арматурных стержней серповидного профиля // Науковий вісник будівництва Вип. 66.: ХДТУБА, 2011. – С.176-183.
 8. Золотов М.С., Шишкин Э.А., Скляр В.А., Коремян О.Н. Влияние возраста акрилового клея на напряженно-деформированное состояние анкеровки арматурных стержней периодического профиля // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2012. – Вип. 67. – С.159-165.
 9. Золотов М.С., Шишкин Э.А., Скляр В.А. Влияние глубины заделки арматурного стержня серповидного профиля на напряженно-деформируемое состояние анкерного соединения на акриловых клеях // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Х.: ХНАМГ, 2012. – Вип. 105. – С. 106-111.

INFLUENCE ON THE TENSELY-DEFORMED STATE OF THE GLUE ANCHORING OF RE-BARSS OF FALCATE TYPE OF CLASS OF A500C THICKNESS OF GLUE LAYER

Results over of calculation experiment on determination of influence of thickness of layer of acrylic glue on the tensely-deformed state of the glue anchoring in the concrete of re-barss of falcate type of class of A500C are brought.